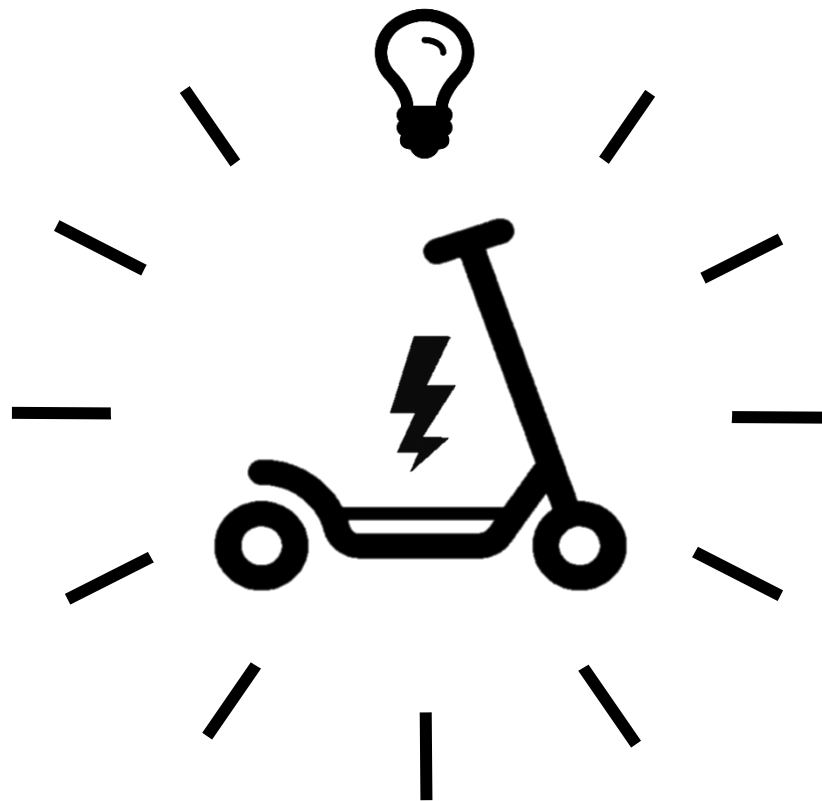


# DISEÑO DE ADAS PARA UN PATINETE ELÉCTRICO URBANO



Eugeni Llagostera Saltor  
Curso 2018-2019 / GETI  
Tutor: Emilio Hernández Chiva



# Índice

1. INTRODUCCIÓN .....	2
a) La transformación de la movilidad .....	2
b) La cara oscura .....	4
2. PATINETE ELÉCTRICO URBANO .....	6
a) Estructura y funcionamiento .....	6
b) Tipos de patinete eléctrico .....	6
c) Patinete eléctrico tipo scooter: .....	9
d) Partes del patinete .....	10
e) Comparativa patinetes eléctricos .....	19
f) Uso regulado del patinete .....	20
3. ADAS PARA MEJORAR LA SEGURIDAD DE LOS VEHÍCULOS .....	22
a) Advanced Driver Assistant System .....	22
b) Tecnología .....	23
c) Diseño ADAS .....	26
d) CASTELLOLI SMART SCOOTER CHALLENGE .....	32
4. CAR RUN V3.0 .....	34
a) Introducción .....	34
b) Estructura y funcionamiento .....	34
c) Funcionalidades .....	43
5. GANTT .....	47
6. PRESUPUESTO .....	48
a) Presupuesto del trabajo .....	48
b) Presupuesto del prototipo .....	48
7. IMPACTO AMBIENTAL .....	49
8. CONCLUSIONES .....	50
9. BIBLIOGRAFÍA .....	51
<a href="https://noticias.eltiempo.es/patinete-electrico-una-alternativa-real-contr-la-contaminacion-en-ciudad/">https://noticias.eltiempo.es/patinete-electrico-una-alternativa-real-contr-la-contaminacion-en-ciudad/</a> .....	51
<a href="https://patineteelectrico.shop/noticias/clasificacion-tipos-patinetes-electricos/">https://patineteelectrico.shop/noticias/clasificacion-tipos-patinetes-electricos/</a> .....	51

# 1. INTRODUCCIÓN

## a) La transformación de la movilidad

En los últimos años, debido al avance de las tecnologías y la globalización, están apareciendo nuevos métodos de transporte alternativos a los convencionales. ¿Pero a qué se debe este cambio?

Se conoce la palabra automóvil como un vehículo autopropulsado, ya sea por vapor, gasolina, o electricidad. Sus inicios se remontan a China, en el siglo XVII, cuando un jesuita describió un vehículo impulsado a vapor, de pequeño tamaño. Pero no sería hasta 1860 en que Etienne Lenoir, un ingeniero belga, patentara el primer vehículo por motor de combustión interna con gasolina. A lo largo de los años, inventores, ingenieros y científicos han ido mejorando el automóvil para satisfacer, cada vez más, las necesidades de movilidad de los humanos.

Según *ecologistas en acción* en la tierra hay unos **600 millones de automóviles**, con un ratio de 0,09 automóviles por persona, mientras que en Europa el ratio incrementa a 0.4 y en **España alcanza el 0.46**. Pero todo tiene su consecuencia. Éstos afectan gravemente a la Tierra, siendo una de las principales causas del cambio climático que sufre nuestro planeta. Por lo que, según la OMS, aseguran ser responsables directos del 65% de la contaminación de nuestro aire.

Es por este motivo que se aplicaron una serie de medidas, llevadas a cabo en el Acuerdo de París, para mitigar este efecto. Una de las consecuencias de estas medidas es la aparición de los vehículos eléctricos. Según la *asociación de fabricantes Anfac*, en 2016 se produjo la matriculación de 4.746 vehículos eléctricos en España, y a día de hoy existe poco más de **60.000** (mayoritariamente repartidos en Cataluña y la Comunidad de Madrid).

Hoy en día ya estamos acostumbrados a ver vehículos eléctricos/híbridos en la ciudad, los cuales no producen contaminación atmosférica ni sonora. Lo cual son grandes noticias para el planeta. El más común de ver es el turismo, aun así no ha sido la única alternativa creada para mitigar el cambio climático.

A ésta se han unido los autobuses, también las motocicletas y ciclomotores, pero sobretodo los denominados **VMP** (Vehículos de Movilidad Personal): patines, monopatines y otros vehículos parecidos a los que se les ha incorporado un motor, normalmente eléctrico.



Imagen 1. Fuente: <https://www.lavanguardia.com/local/madrid/20181005/452176036913/madrid-pone-freno-augue-patinete-electrico.html>

El patinete eléctrico está de moda como forma de moverse por las ciudades. Tanto es así, que, según datos de *idealo.es*, el comparador de precios líder en España, la demanda de vehículos limpios como bicicletas o patinetes se **triplicó** (331%) el pasado mes de agosto de 2018, poniendo de manifiesto el cada vez más generalizado compromiso de los ciudadanos con el medio ambiente. Según se observa en los datos de *idealo.es*, Cataluña es la comunidad autónoma que demanda más vehículos alternativos, sobre todo bicicletas eléctricas, portátiles y urbanas, y de, obviamente, patinetes eléctricos.

Sin duda este vehículo está acaparando las ciudades. ¿Pero por qué?

- Son **útiles y eficaces**: con ellos puedes desplazarte sin problemas por la ciudad, por las zonas delimitadas para su uso, divirtiéndote mientras te desplazas. Con el añadido de estar usando un vehículo no contaminante.
- Son **fáciles de manejar**: aparte de ser divertido es muy fácil aprender a usarlo y además conducirlo no te supondrá ningún tipo de esfuerzo.
- Son **económicos**: aunque existen muchos modelos y los precios pueden variar bastante, en general son más asequibles que otros vehículos sostenibles como las bicicletas eléctricas.

## b) La cara oscura

La eclosión de los VMP, y en concreto de los patinetes eléctricos, que está teniendo un gran impacto en las grandes ciudades trae con ella grandes ventajas pero su adaptación está siendo problemática.

Según datos publicados por el fiscal coordinador de *Seguridad Vial*, *Bartolomé Vargas*, se han producido **273 accidentes en 44 ciudades** españolas en los 11 primeros meses de 2018, con **203 de ellos causados por los patinadores**: solo en Barcelona, destaca la Fiscalía, estos vehículos han estado presentes en **2.330 infracciones** administrativas. Cifra que podría ser más alta si se tuvieran en cuenta algunas infracciones porque cuyas denuncias no se realizan o debido a la fuga del infractor.



Imagen 2. Fuente: <https://www.marchasyrutas.es/blog/evita-las-multas/>

Esos números han hecho que la preocupación por la presencia de estos vehículos de movilidad personal (VMP) aumente. En Madrid ya se prohibió a las empresas que suministraban servicios de patinetes eléctricos compartidos operar hasta que cumpliesen ciertas normas mínimas, y la DGT reveló recientemente una propuesta para regular este nuevo escenario que rodea a todos los VMP.

Una de las principales causas de estas infracciones y accidentes, apunta a la "falta conciencia de respeto a las normas", hecho que puede provocar graves accidentes involucrando no solo al conductor del VMP, sino también a vehículos más pesados e incluso a peatones.

Es por este motivo que el trabajo tratará de encontrar que sistemas avanzados de asistencia a la conducción (ADAS) se pueden implementar al patinete eléctrico de manera que pueda ayudar a minimizar los accidentes. De todos modos, al ser un asistente, quién tiene la última palabra en un vehículo como el patinete eléctrico, es el conductor. Estas ayudas a

la conducción harán que el patinete sea un poco más autónomo, pero siempre dejando la última decisión al usuario.

## 2. PATINETE ELÉCTRICO URBANO

### a) Estructura y funcionamiento

Los **patinetes eléctricos**, son patinetes que llevan acoplado un motor eléctrico. Usualmente son utilizados como medio de transporte o para entretenimiento personal, por lo que van dirigidos a cualquier edad y clase.

Hace unos cuantos años si querías comprar un patinete no tenías que romperte mucho la cabeza en la elección, ya que solo existía el modelo scooter sin motor, que era usado como medio de transporte o uso deportivo. Pero hoy en día, gracias, como se ha comentado, al avance de la tecnología, se ha modificado la idea de patinete, o simplemente mejorado incluyendo un motor eléctrico.

Es por esto, que existen varios modelos de patinetes eléctricos que varían en función de las necesidades de los usuarios, dependiendo de factores como: la autonomía, la velocidad o la portabilidad.

### b) Tipos de patinete eléctrico

#### 1. Monociclos eléctricos

Los monociclos eléctricos poseen una **alta versatilidad** y tienen las capacidades para circular por todo tipo de terrenos, y a la vez son compactos. Además tienen una buena autonomía, son fáciles de mantener y no es el tipo de patinete eléctrico más caro que nos podemos encontrar. Estos peculiares monociclos son impresionantes pero requieren de mucha habilidad para ser utilizados.



Imagen 3. Fuente: <https://patineteelectrico.shop/>

## 2. Scooters eléctricos

Estéticamente, son como los patinetes normales de toda la vida: una plataforma alargada sobre dos ruedas en línea y una barra de dirección. Pero integran una batería y un motor que les permite desplazarse con un mecanismo de aceleración con los que pueden alcanzar velocidades de hasta 100 km/h.

Estos patinetes eléctricos incluyen generalmente conexiones Bluetooth con las que poder manejar, actualizar y controlar el patinete.



Imagen 4. Fuente: <https://patinetelectrico.shop/>

## 3. Hoverboards

Dos ruedas paralelas y una plataforma para apoyar los pies. Estos pequeños y peculiares patines de auto equilibrio se hicieron muy famosos cuando aparecieron en 2015. Destaca su dificultad para mantener el equilibrio.



Imagen 5. Fuente: <https://patinetelectrico.shop/>



#### 4. Patinetes tipo Segway

El Segway fue **el primer patín de 2 ruedas auto equilibrado**. Las diferencias frente a un hoverboard son que tiene ruedas más grandes, más potencia y dispone de un manillar. Los patinetes tipo Segway son más versátiles, pero no tan compactos como los hoverboards. Los Segways originales tienen un precio excesivamente elevado pero afortunadamente hay actualmente un mercado próspero de clones de buena calidad, a un precio más asequible, para elegir.



*Imagen 6. Fuente: <https://patineteelectrico.shop/>*

#### 5. Monopatín eléctrico

El monopatín o skateboard viene ahora renovado con motor eléctrico. De todos los vehículos eléctricos que existen este es posiblemente el más atractivo para los fans de las cuatro ruedas.



*Imagen 7. Fuente: <https://patineteelectrico.shop/>*

### c) Patinete eléctrico tipo scooter:

Este trabajo trata de estudiar de qué manera una mayor automatización del patinete eléctrico podría afectar en la vida de los ciudadanos. En otras palabras, diseñar ADAS, sistemas avanzados de asistencia al conductor, para el patinete eléctrico.

Debido a la gran demanda y uso que está teniendo el patinete eléctrico tipo scooter, sobre todo en las grandes ciudades, este trabajo se enfocara en proporcionar las herramientas necesarias para asistir al conductor en situaciones que puedan poner en riesgo la vida del conductor.

Más adelante se especificará que ADAS son necesarias implementar, cómo y porqué. Por ahora vamos a conocer más sobre el patinete eléctrico tipo scooter.



Imagen 8. Fuente: <https://www.bypatinete.com/patinetes-electricos-de-1000w-y-2000w/>

El funcionamiento de un patinete eléctrico se basa en el siguiente proceso:

A grandes rasgos, el funcionamiento es el siguiente: el **motor eléctrico** es alimentado por **baterías**, este a su vez es accionado por un **controlador** que es el encargado de controlar la potencia que entrega el motor. La potencia del motor se transforma en movimiento de la rueda gracias a la **transmisión** (correa, cadena o directa). Aun así, para accionar el patinete intervienen más partes que las mencionadas.

## **d) Partes del patinete**

### 1. Motor:

Un motor, a rasgos generales, es un dispositivo que transforma un determinado tipo de energía en energía mecánica. Esta energía se transmite a las ruedas para crear movimiento. Como veremos esta transmisión puede ser por correa, por cadena o de forma directa. Los motores pueden ser grandes, pequeños, potentes, entre otros, y se pueden dividir o clasificar según el tipo de combustible, su tamaño o por el uso que realicen.

En el caso de los motores eléctricos, son dispositivos que utilizan la energía eléctrica para accionar un eje y realizar un trabajo. Este accionamiento se realiza gracias a la fuerza electromagnética que se crea entre las bobinas y que provoca un desplazamiento de un rotor, que a la vez está fijo a un estator, haciendo que el sistema gire.

Dentro de los motores eléctricos, podemos distinguir dos clases, los motores *brushless* (sin escobillas) y los motores *brushed* (con escobillas).

Tal y como su propio nombre indica, la gran diferencia entre ambos es que uno usa unos mecanismos llamados escobillas, mientras que el otro no, aunque requiere de un controlador o conmutador.

### Brushed:

En los motores *brushed*, que emplean corriente continua (DC), el campo electromagnético provoca que se atraiga el lado opuesto del rotor haciendo que se llegue a una posición en donde las escobillas cambian la polaridad y así de nuevo se atrae el rotor al otro lado opuesto y esto genera ese movimiento continuo esperado. Las escobillas están conectadas a un colector y estas tienen la corriente eléctrica para generar ese cambio de polaridad. Por eso se llaman motores conmutados mecánicamente.

Sin embargo, las escobillas se desgastan con el paso del tiempo, produciéndose un rozamiento y calentamiento en el motor, lo que origina que tengan una vida útil menor.

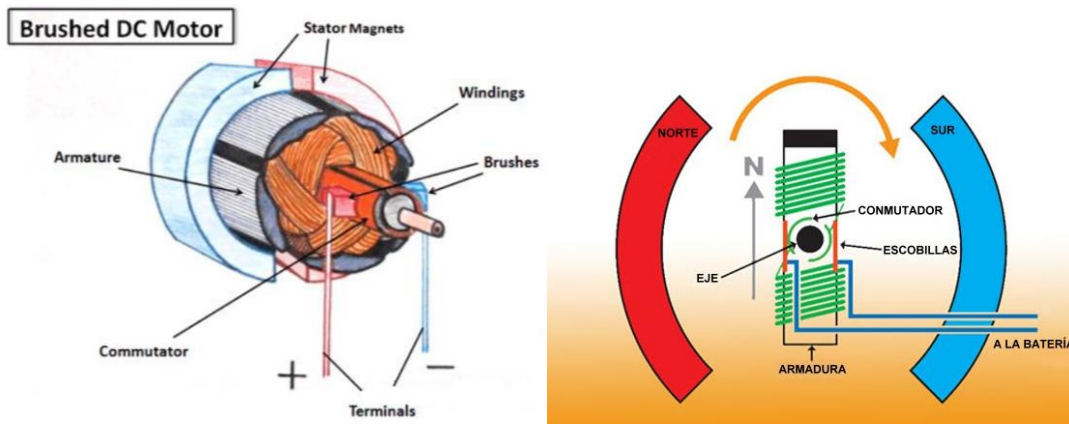


Imagen 9. Fuente: <https://eu.mouser.com/applications/dont-ignore-the-brushed-dc-motor/>

Imagen 10. Fuente: <http://www.thinkrc.com/faq/brushless-motors.php>

### Brushless:

Por otro lado, los motores sin escobillas o *brushless* (BLCD) son más complejos, aunque no poseen el conjunto escobillas-colector, que es la parte mecánica que asegura la conmutación de otra parte importante en los motores como son las bobinas. Por el contrario, su conmutación es electrónica.

Es decir, en un motor *brushless* para patinetes eléctricos la conmutación se hace de manera electrónica con un sistema llamado controlador o variador electrónico. De esta manera las bobinas y el campo electromagnético cumplen su función y tenemos un desplazamiento o movimiento del motor eléctrico.

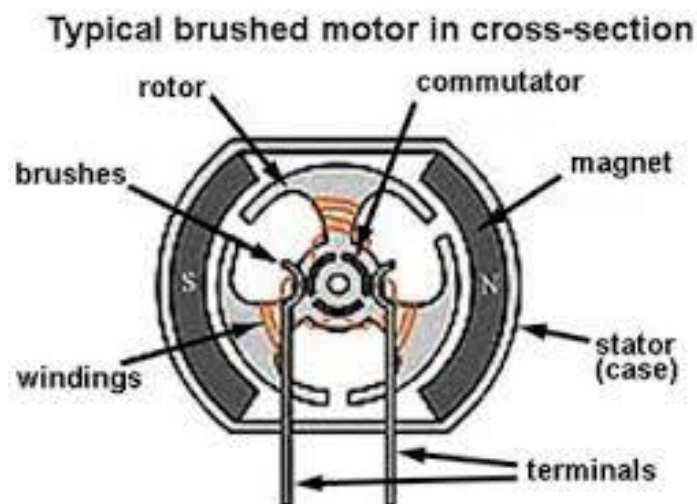


Imagen 11. Fuente: <https://www.renesas.com/eu/en/support/technical-resources/engineer-school/brushless-dc-motor-01-overview.html>

### Comparativa:

- La **vida útil** del motor *brushless* es mayor: al no tener escobillas, no se producen rozamientos que generen desgaste ni ruido, y no es necesario un mantenimiento continuo. En cambio, el ciclo de vida de los motores con escobillas es menor: genera mayor fricción al realizar el cambio de polaridad, y desprende calor y chispas, por lo que las escobillas acaban deteriorándose y deben ser reemplazadas, lo que requiere un mayor **mantenimiento**, con los costes que pueda conllevar.
- De entrada, el motor con escobillas es más **económico** que el motor *brushless*. Asimismo, no necesita un control electrónico para su funcionamiento, a través de un circuito caro y complejo.
- No obstante, como consecuencia de la pérdida de calor que se produce en el motor con escobillas, se genera mayor desperdicio de potencia, lo que repercute en su eficiencia. Por el contrario, este no ocurre con el motor *brushless*, que es mucho más **eficiente**.
- El motor *brushless* ofrece una mejor relación entre potencia de salida y tamaño y, por tanto, mayor **rendimiento**. En cambio, esta relación en el motor con escobillas es menor, lo que provoca, a su vez, un menor rendimiento.
- Además, el motor *brushless* también posee una buena relación entre **velocidad y par** motor, que es moderada en el caso del motor con escobillas, ya que al aumentar la velocidad estas provocan fricción y, por tanto, disminuye el par motor.
- Por último el motor con escobillas tiene **limitaciones mecánicas** derivadas del uso de escobillas, lo que se provoca un menor rango de velocidad en comparación con los *brushless*. En el caso del motor con escobillas, este rango es alto.

### 2. Batería:

Existen actualmente dos tipos de baterías en los patinetes eléctricos: de gel o de litio. Las baterías de gel son las que se usan más frecuentemente en estos vehículos por tener precios mucho más económicos.



Imagen 12. Fuente: [https://autosolar.es/baterias-agm-12v/bateria-agm-12v-115ah-ultracell-uc-115-12?gclid=EAlaIQobChMIkdaTuuTw4gIVh6iaCh3P-AlzEAKYASABEgJoSfD\\_BwE](https://autosolar.es/baterias-agm-12v/bateria-agm-12v-115ah-ultracell-uc-115-12?gclid=EAlaIQobChMIkdaTuuTw4gIVh6iaCh3P-AlzEAKYASABEgJoSfD_BwE)

Las baterías de litio tienen una serie de ventajas sobre las de gel pero su uso es menos frecuente en los patinetes debido a su elevado precio:

- Son más pequeñas
- Bastante más ligeras
- Mucho menos delicadas, y
- Soportan entre 6 y 8 veces más ciclos de carga



Imagen 13. Fuente: <https://www.tutiendaenergetica.es/baterias-patinete-electrico-ion-litio>

Por otro lado, la calidad de las baterías diferirá según el fabricante de sus células. Las baterías de los patinetes eléctricos suelen ser de tecnología de plomo ácido, son muy fiables y ofrecen una vida útil de +/- 500 ciclos de carga.

Generalmente vienen en formatos de 12 V, por lo que si un patinete eléctrico indica que es de 36 V, lo más seguro es que esté compuesto por 3 baterías de 12 V cada una,  $3 \times 12V = 36 V$ .

Las baterías tienen distintas capacidades de carga (amperios), mientras más capacidad (Ah), mayor duración tendrán, pero también mayor peso.

Por supuesto que una batería con más potencia nos dará mayor autonomía y duración, además podrá proporcionarnos más velocidad. Por otra parte, mayor potencia también

significa en general un tiempo de carga más elevado.

### 3. Controlador:

El **controlador del patinete eléctrico** es el dispositivo que nos permite controlar la potencia que entrega el **motor eléctrico** y también conocer la potencia máxima de un motor.

*Tomando como ejemplo un motor de 500 W, con un controlador de 16 Amperios y equipado con baterías de 36 V, tenemos que la potencia máxima (pico) sería de 16 Amperios x 36 V = 576 W.*



Imagen 14. Fuente: [https://www.indoostrial.com/blog/patinetes\\_electricos/](https://www.indoostrial.com/blog/patinetes_electricos/)

### 4. Transmisión:

Encontramos principalmente 3 tipos de **transmisiones aplicadas a los patinetes eléctricos**, transmisión directa, por cadena y por correa.

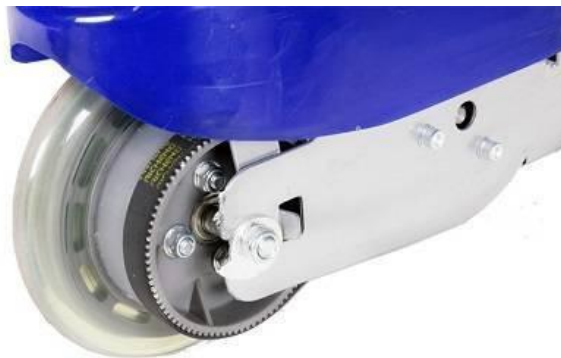


Imagen 15. Fuente: [https://www.indoostrial.com/blog/patinetes\\_electricos/](https://www.indoostrial.com/blog/patinetes_electricos/)



- Transmisión por correa: Es la más habitual en los **patinetes scooters** de media y baja potencia. Es económica y de bajo mantenimiento, además de ser muy duradera.
- Transmisión por cadena: Es la transmisión más utilizada en **patinetes eléctricos** de media y alta potencia, su resistencia al par de motor es la más alta.
- Transmisión directa: Es poco habitual, solo la encontramos en algunos modelos de **patinetes eléctricos** con diámetros de rueda grandes. Es el mejor sistema desde el punto de transmisión porque no requiere ningún mantenimiento, pero es también el sistema más costoso y complicado de reparar.

### 5. Frenos:

Básicamente existen dos sistemas de **frenos para los patinetes eléctricos**, los **frenos de disco** y los **frenos de tambor**. Ambos sistemas se encargan de la desaceleración parcial o parada total del **patinete eléctrico** gracias al rozamiento producido entre una superficie fija y una móvil.



Imagen 16. Fuente: [https://www.indoostrial.com/blog/patinetes\\_electricos/](https://www.indoostrial.com/blog/patinetes_electricos/)

- **Frenos de tambor:** en los frenos de tambor la superficie fija son las zapatas de freno y la móvil el tambor que es un cilindro concéntrico que gira a la vez que las ruedas.
- **Frenos de disco:** en los frenos de disco la parte móvil (el disco) unido a la rueda que gira es sometido al rozamiento de unas superficies de alto coeficiente de fricción (las pastillas).

Ambos sistemas de freno generan calor al frenar ya que ejercen una fuerza de rozamiento suficiente como para transformar toda o parte de la energía cinética del patinete en



movimiento, en calor, hasta detenerlo o reducir su velocidad, según sea el caso.

La ventaja de los frenos de disco sobre los frenos de tambor es que los de disco ventilan mejor que un tambor gracias a su diseño, evacúan el calor de manera más eficiente y se impide que falle la frenada por recalentamiento. Es **más seguro** en vehículos potentes y en condiciones extremas.

## 6. Ruedas | Neumáticos:

Existen varios factores que intervienen en el **tipo de rueda del patinete eléctrico**:

- **El tipo de llanta**, con o sin cámara: A priori la opción sin cámara ofrece una mayor duración. Pero en vehículos como los patinetes eléctricos con una vida media en número de kilómetros relativamente corta, cualquiera de los dos modelos funcionan perfectamente bien.

Dos factores que si debemos mirar con más atención son el diámetro y el tipo de banda de rodadura, estos dos factores definen el tipo de uso que podemos dar al patinete eléctrico.

- Las **ruedas de los patinetes eléctricos** con un diámetro grande (por ejemplo 10"), nos ofrecen una mayor velocidad punta, aumentan la amortiguación mecánica del patinete, reducen las vibraciones y también permiten superar mayores obstáculos en el terreno como pequeñas grietas, desniveles, etc. Por contra, nos restan aceleración y nos ofrecen un menor control y maniobrabilidad. Las ruedas de diámetro pequeño (por ejemplo 4"), nos ofrecen una mayor aceleración, nos ofrecen un mayor control y maniobrabilidad. También ofrecen una mayor estabilidad al tener el centro de gravedad más cerca del suelo.



Imagen 17 y 18. Fuente: [https://www.indoostrial.com/blog/patinetes\\_electricos/](https://www.indoostrial.com/blog/patinetes_electricos/)

- El otro factor a considerar es la **banda de rodadura**, en función del diseño de esta banda podremos encontrar básicamente dos modelos, los diseños de ciudad y los diseños todo terreno. Los diseños de ciudad suelen ser más lisos ofreciendo un mayor superficie en contacto con el suelo dándonos un mejor agarre, mientras que los diseños todo terrenos suelen estar compuestos por “tacos” que ofrecen una menor superficie en contacto, pero un mayor relieve que ofrece un mayor agarre en terrenos como tierra, arena, etc.

## 7. Amortiguadores:



Imagen 18. Fuente: [https://www.indoostrial.com/blog/patinetes\\_electricos/](https://www.indoostrial.com/blog/patinetes_electricos/)

El sistema de **amortiguación de los patinetes eléctricos** es en su mayoría de: **resorte helicoidal**, este es un sistema de amortiguación económico y fiable.

Generalmente se encuentra aplicado tanto en suspensión trasera como delantera reduciendo al mínimo la vibración y dando la máxima amortiguación posible al **patinete scooter**. Para los **patinetes eléctricos equipados con sillín** suele existir también la suspensión integrada en el sillín.



Imagen 19. Fuente: [https://www.indoostrial.com/blog/patinetes\\_electricos/](https://www.indoostrial.com/blog/patinetes_electricos/)

### 8. Cuadro:

La mayoría de los **patinetes eléctricos** cuentan con un **cuadro totalmente plegable** lo que hace que sean fáciles de transportar y almacenar.

Los principales materiales que encontramos son el plástico en los modelos más económicos y de menor potencia y el aluminio y el acero inoxidable en los modelos de mayor potencia ya que ofrecen ligereza y durabilidad.



Imagen 20. Fuente: <https://www.xataka.com/seleccion/se-puede-comprar-nuevo-xiaomi-m365-pro-2019-que-se-diferencia-patinete-xiaomi-mi-electric-scooter>

### 9. Velocidad máxima y peso soportado

La velocidad de un patinete se encuentra entre los 10 y 60 km/h, y alrededor de los 120kg de peso soportado máximo.

De todos modos existen unos límites de velocidad para su uso en la ciudad. En Barcelona existen límites que son diferente para cada tipo de patinete, sea o no eléctrico, como veremos en los próximos puntos.



Imagen 21. Fuente: <https://www.lavanguardia.com/local/madrid/20181005/452176036913/madrid-pone-freno-augue-patinete-electrico.html>

En este sentido hay que tener en cuenta que mayor velocidad implica mayor consumo de energía y, del mismo modo, el transporte de un peso más elevado requiere de más potencia y consumo. Como ambas características afectan al motor y a la batería incorporada, es lógico pensar que un patín con mayores máximos será también más caro.

#### e) Comparativa patinetes eléctricos

Por un lado podemos clasificar a los patinetes eléctricos tipo scooter según su tamaño y velocidad:

- **Tipo A:** patinetes eléctricos de tamaño más pequeño y más ligeros. Pueden alcanzar hasta 20 km/h y pesar hasta 25 kilos.
- **Tipo B:** patinetes eléctricos de hasta 50 kg que superen los 20 km/h.

Por otro lado podemos clasificarlos según la calidad del patinete, en la que encontramos diferentes gamas (A, B1, B2, C, D):

SEGMENTO	A	B1	B2	C	D
GAMA	Básica	Media	Media-alta	Alta	Premium
PESO (kg)	8	13	16	15	20 - 40
TAMAÑO RUEDAS (" macizas)	5,5	8	8-10	8,5 - 10	8,5 - 10
AUTONOMÍA (km)	6-10	24	28	35	40 - 65
VEL. MÁXIMA (km/h)	25	30	32-35	35	40 - 70
MOTOR (W)	250	350	400	500	500 - 3000
VOLTAJE BATERÍA (V)	24	36	36	48	36 - 60
CAPACIDAD BATERÍA (Ah)	8	8	11	14	20 - 50
PRECIO (€)	300	450	750	850	700 - 2000

Los más adecuados para conducir por ciudad son los de gama B1, B2 y C. Ya que, aunque el coste pueda variar significativamente, las velocidades máximas se ajustan a las que se pueden conducir por ciudad y según la calidad habrá mejoras en la autonomía, la potencia del motor, o incluso la capacidad de la batería. Para la ciudad los patinetes de gama A se quedan cortos para el uso diario y los de gama D están pensados para usarlos fuera de la ciudad, donde se le pueda sacar más partido a sus prestaciones.

#### f) Uso regulado del patinete

Tal y como hemos dicho en la introducción del trabajo, conducir un patinete eléctrico tiene muchas ventajas en lo que respecta a comodidad y cuidado del medio ambiente, pero las normas no siempre se cumplen y esto ha provocado numerosos accidentes y multas a los conductores de estos VMP.

Es por esto que en varias ciudades de España como Madrid, Barcelona o Valencia se han aplicado una serie de medidas para mitigar el efecto negativo de la conducción de los patinetes eléctricos por la ciudad.

**En el caso de Barcelona se han aplicado esta serie de medidas para las siguientes zonas urbanas:**



Imagen 22. Fuente: <https://www.elperiodico.com/es/barcelona/20180713/normativa-barcelona-patinete-electrico-hoverboard-6941110>

En nuestro caso nos fijaremos en el tipo de VMP A o B, dependiendo del tamaño y la velocidad del patinete. Por lo que circulando por ciudad tendremos una velocidad fijada máxima de entre 20 y 30 km/h. Cabe destacar que en caso que se conduzca un patinete tipo B es obligado llevar el casco, a diferencia del tipo A que no es obligatorio, pero sí recomendable.

Dependiendo de si se dispone de un VMP tipo A o B la velocidad máxima permitida diferirá dependiendo de la zona de la ciudad.

#### Carril bici segregado en la calzada:

Podremos usar tanto VMP tipo A como B, siempre a una velocidad máxima de **30km/h** en el sentido de la vía.

#### Plataforma única:

Aquella en la que pueden encontrarse peatones e otros vehículos más grandes (p.ej. coches). Al ser una zona donde puede haber mucha fluencia de peatones, la velocidad máxima permitida será de **10 o 20 km/h** dependiendo de la señalización. Por lo que pueden circular VMP de ambos tipos.

#### Carril zona 30:

Zona interurbana con velocidad máxima permitida de **30km/h**, sin carril específico para VMP, por lo que éstos deberán circular junto a otros vehículos más grandes. También permitido para patinetes tipo A y B.

#### Parque:

En el parque, zona donde se encuentra multitud de personas, solo se puede circular a una velocidad máxima de **10km/h**, con doble sentido de circulación. Accesible para tipos A y B.

### 3. ADAS PARA MEJORAR LA SEGURIDAD DE LOS VEHÍCULOS

#### a) Advanced Driver Assistant System

Los sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS) son sistemas electrónicos que ayudan al conductor de un vehículo durante la conducción, por lo que están destinadas a aumentar la seguridad del automóvil y, en general, la seguridad vial.

Como la mayoría de los accidentes de tráfico se producen debido a un error humano, los ADAS son sistemas desarrollados para **automatizar, adaptar y mejorar** los sistemas del vehículo para una **mayor seguridad** y una **mejor conducción**. Está comprobado que el sistema automatizado que ADAS proporciona al vehículo **reduce las muertes en la carretera, al minimizar el error humano**.

Las características de seguridad están diseñadas para evitar colisiones y accidentes al ofrecer tecnologías que alertan al conductor de posibles problemas, o para evitar colisiones al implementar salvaguardas y tomar el control del vehículo.

Pero no todo son ventajas; este proceso también da pie a varios aspectos poco convenientes. Entre otros:

- Se abre un **nuevo marco legal** muy complejo en torno a los posibles accidentes provocados por un sistema de conducción automatizada.
- Se **perderían puestos de trabajo** en el sector del transporte.
- El vehículo autónomo puede tener algunas **limitaciones** con respecto a uno tradicional (al menos al principio); por ejemplo, al circular en condiciones climatológicas muy adversas.

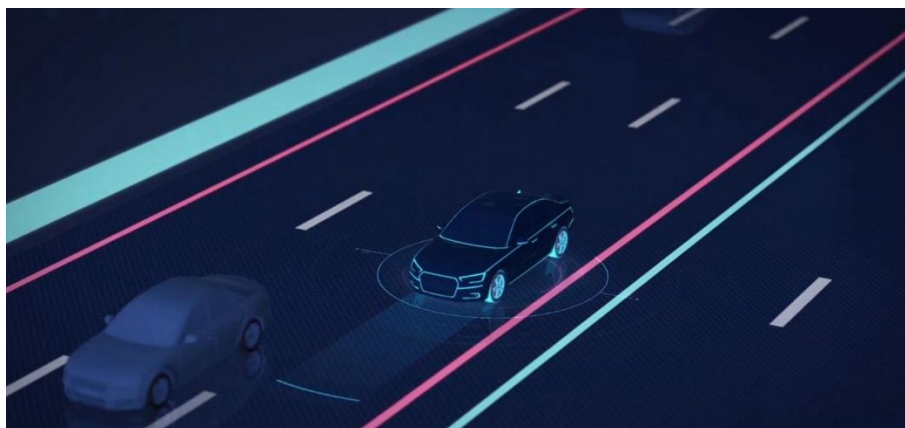


Imagen 23. Fuente: <https://www.motoryracing.com/pruebas/noticias/las-tecnologias-avanzadas-de-asistencia-al-conductor-adass/>

## b) Tecnología

Los sistemas avanzados de asistencia a la conducción (ADAS) dependen de subsistemas de sensores que funcionan en base a distintos principios tecnológicos. A continuación se enumeran algunos de los principales.

### Sensores ultrasónicos

Son efectivos para detectar elementos que se encuentran a poca distancia del vehículo. Funcionan emitiendo ondas sonoras no audibles y calculando el tiempo que tardan en regresar al punto de emisión. Son frecuentes desde hace varios años en los automóviles por su bajo coste y suelen emplearse en los sistemas de **ayuda al aparcamiento y en las alarmas.**

### Posicionamiento y navegación por satélite

Su uso también está extendido desde hace varios años. Estos sistemas pueden localizar un vehículo en un punto del planeta mediante la técnica de trilateración, utilizando una red de satélites. Su principal inconveniente es que tiene un margen de error de unos (pocos) metros, aunque mediante otras técnicas se consigue una localización más precisa, necesaria para los altos niveles de autonomía. Hay varios sistemas de posicionamiento y navegación por satélite en funcionamiento actualmente, todos ya compatibles entre ellos:

- **GPS** (Global Positioning System). Fue desarrollado por el Departamento de Defensa de EE.UU. Utiliza una red de 24 satélites.
- **GLONASS**. Fue desarrollado por la URSS y está administrado por la Federación Rusa. Utiliza una red de 31 satélites.
- **Galileo**. Desarrollado por la Unión Europea en conjunto con la Agencia Espacial Europea. Cuando esté a pleno funcionamiento utilizará 30 satélites (previsto para el año 2020). Actualmente emplea 26.



### Sistemas de navegación inercial

Intervienen sensores de movimiento y sensores giroscópicos que calculan mediante estima y sin referencias externas la **posición de un vehículo, la dirección de su trayectoria y su velocidad en todo momento**. Suelen utilizarse en conjunto con los sistemas de posicionamiento para aumentar su precisión, aunque no dan una precisión suficiente para la conducción autónoma total.

### Sensores infrarrojos

La luz infrarroja del espectro es invisible al ojo humano y se emplea para **detectar y realizar un seguimiento de objetos** en condiciones de baja cantidad de luz. Desde principios de la década de 2010 comienzan a ser relativamente frecuentes como elementos de equipamiento opcional en vehículos de gama alta.

### Sistema de cámaras

Están generalizados en automoción. Mientras que la tecnología relativa a la grabación está muy desarrollada desde el punto de vista de la calidad y el bajo precio de las cámaras, el mayor desafío de estos sistemas radica en el desarrollo del software que realice una interpretación correcta de las imágenes y una posterior elaboración de respuestas acordes. **La efectividad se reduce en condiciones de baja cantidad de luz y de climatología adversa.**

### Radar

Utiliza ondas electromagnéticas para detectar y realizar un seguimiento de objetos. Puede funcionar con mucha precisión en distancias de hasta unos 300 metros y es muy efectivo principalmente para **determinar la presencia de un cuerpo**, aunque también para determinar la **dirección en la que viaja y a qué velocidad lo hace**. Su efectividad apenas decrece en condiciones de baja visibilidad o climatología adversa y, además, su coste es relativamente bajo. Su uso ya está generalizado en la industria del automóvil en asistentes a la conducción como el control de velocidad activo, la detección de vehículos en el ángulo muerto, el frenado automático de emergencia o los sistemas de protección previa a la colisión.

### Lídar (Laser imaging detection and ranging)

Este sistema permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto utilizando haces láser pulsados. Los sistemas lídar modernos permiten **recoger información complementaria al radar**. La distancia de alcance de los haces láser **es mucho mayor que la de los ultrasonidos** y el **grado de definición** que se consigue sobre la información

del entorno es **mucho más alto**.

La información recogida con un sistema lidar permite generar mapas muy detallados, en tres dimensiones, formados por nubes de puntos (también se pueden generar mapas detallados utilizando cámaras o radares).

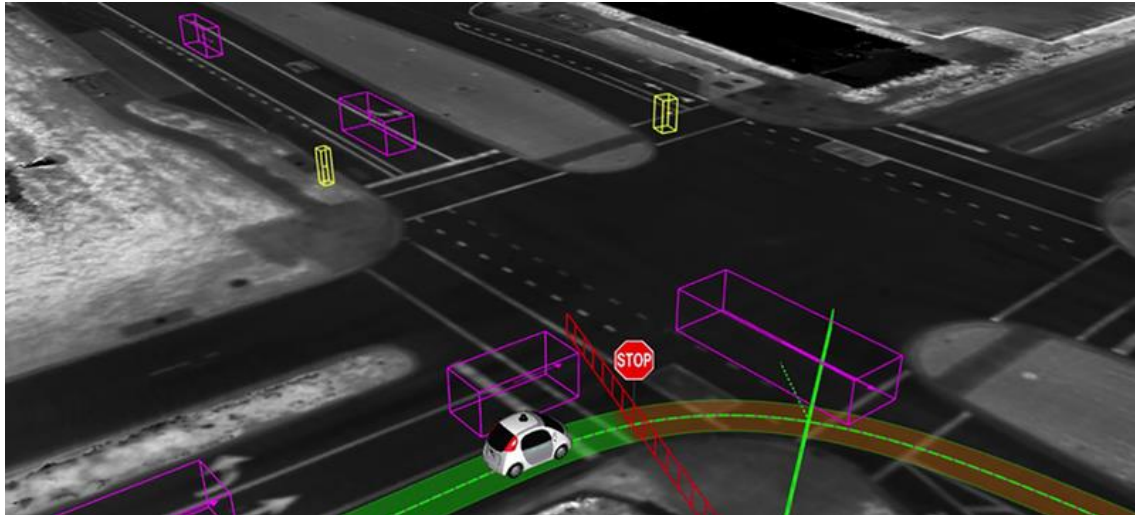


Imagen 24. Fuente: [https://www.cesvimap.com/centro-seguridad-vial/es/images/2\\_influencia\\_de\\_los\\_sistemas\\_ADAS\\_en\\_talleres\\_aseguradoras\\_y\\_usuarios\\_tcm804-183745.pdf](https://www.cesvimap.com/centro-seguridad-vial/es/images/2_influencia_de_los_sistemas_ADAS_en_talleres_aseguradoras_y_usuarios_tcm804-183745.pdf)

En España, prácticamente uno de cada tres automóviles nuevos vendidos en 2017 equipaba **frenada automática de emergencia y ayuda al mantenimiento del carril**, dos de los sistemas que se han mostrado más eficaces en la reducción de accidentes. Este porcentaje es similar al de países como Francia e Italia, pero inferior al de Bélgica o Alemania que tienen el 54 %, según los datos de un estudio de *Bosch* y *JATO*.

La *DGT* ha estimado que si todos los automóviles equiparan estas ayudas a la conducción, se evitarían o reducirían las consecuencias de un **57% de los accidentes en España**.

Tipo de accidente	Número accidentes	Reducción potencial de accidentes	Porcentaje de reducción
Atropello	9.604	3.988	58%
Colisión frontal	35.333	16.168	54%
Salida de carril	28.078	8.933	68%
Atropello futuro	771	231	70%
Colisión frontal futuro	2.041	612	70%
NA	4.223	4.223	0%

<b>TOTAL</b>	80.050	34.155	57%
--------------	--------	--------	-----

### c) Diseño ADAS

Con el objetivo de reducir los accidentes de patinetes eléctricos, que se producen principalmente en ciudad, y teniendo en cuenta la tecnología existente, he diseñado un patinete eléctrico que contaría con diferentes ADAS que independientemente realizarían una función para cumplir con el objetivo propuesto.

Existirán 3 formas de actuación, en función del nivel de peligrosidad que exista en cada situación:

- Señales luminosas en el panel del manillar (nivel 1).
- Señal audible (nivel 2).
- Reducción de la velocidad (nivel 3). *Se realizará una acción de frenado simple de unos  $5m/s^2$  que no pueda provocar ningún desequilibrio, pero que pueda servir de aviso al conductor de que está en una situación comprometida.*

#### 1. Detección de las líneas del carril

##### **¿Por qué?**

El carril bici junto con los carriles de zona 30, son las dos áreas donde un VMP de tipo A o B puede alcanzar mayor velocidad. Es por este motivo que debemos delimitar esta zona, protegiendo a las otras zonas de la circulación de estos vehículos a la máxima velocidad.

##### **¿Como?**

Una de las tecnologías más usadas hoy en día para determinar carriles es el procesamiento y estudio de la información recibida por una cámara frontal en el vehículo.

En el caso de los coches, esta información (imagen) es procesada con el objetivo de comparar la dirección del vehículo con la del carril, y en caso de no coincidencia girar las ruedas, para mantener el coche dentro del carril.

Pero en el caso de un patinete, encuentro muy peligroso que se automatice el control de la dirección, puesto que es mucho más sensible y podría ser propenso a accidentes.

Por lo que vistos los motivos y soluciones similares, mi propuesta de solución sería:

Integrar una cámara en el manillar, pero manteniéndola siempre fijando la misma dirección, es decir, que si giramos el manillar la cámara no gire, sino que se mantenga

fijada en la misma dirección que antes de girar el manillar. Como si fuera un coche. De esta manera la cámara estará enfocada en la dirección de conducción.

Una vez se reciban las imágenes de la carretera, mediante procesos de interpretación de las imágenes y un exhaustivo estudio de las líneas (longitudes y curvaturas).

Si el VMP está propenso a abandonar el carril, se avise al conductor mediante una señal luminosa (nivel 1), si abandona el carril, se avisará con una señal audible (nivel 2), si al cabo de 2 segundos no ha vuelto al carril inicial la **velocidad disminuirá hasta los 10km/h** (nivel 3), que es a la máxima velocidad a la que se puede circular en zonas interurbanas que no sean carriles bici o zona 30.



Imagen 25. Fuente: <https://www.merca2.es/carril-bici-madrid/>

Si posteriormente a la reducción de la velocidad (nivel 3 de actuación) el conductor quiere incorporarse a otro carril, deberá pasar 10 segundos para que permita acelerar el vehículo de nuevo, volviendo a calcular nuevas líneas de carril. Esto se debe a la alta probabilidad de incorporarse a un carril en el que no puede circular el patinete.

Con este sistema se podrán evitar accidentes debido a velocidades inadecuadas en vías donde hay peatones y dar un margen de reacción en caso de querer cambiar de vía, avisando de esta manera al conductor de que ha salido de la vía en la que se encontraba inicialmente. A la vez se cumpliría con la normativa de velocidades permitidas en las diferentes zonas.

## 2. Detección de obstáculos (diferenciar zonas)

### **¿Por qué?**

Uno de los motivos que provocan más accidentes en la ciudad es la distracción. La distracción provoca que podamos perder el control de nuestro vehículo y tengamos un

accidente en cuestión de segundos.

Si el patinete es capaz de detectar obstáculos y no solo avisar al conductor sino también asistirlo mecánicamente, podrían ahorrarse muchos accidentes.

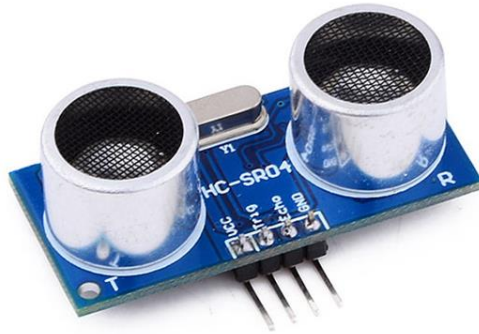


Imagen 26. Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_ultras%C3%B3nico](https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_ultras%C3%B3nico)

### ¿Como?

Mediante la integración de sensores de ultrasonido. Una de las tecnologías más usadas para detectar obstáculos. Mediante estos sensores el vehículo será capaz de detectar obstáculos a largas distancias y actuar, si es necesario. Hay que tener en cuenta que los obstáculos pueden ser también personas o vehículos.

Necesitaremos 4 sensores, uno para el sentido de la marcha, otro para el opuesto a la marcha y dos para cada lateral.

A continuación voy a especificar como debe actuar, autónomamente, el patinete dependiendo de la zona en la que se encuentre (lo sabremos gracias al primer sistema):

1. **Carril bici - Zona 30:** en caso de que nos encontremos en una zona donde haya más vehículos circulando a la velocidad máxima permitida, en ciudad, lo normal es que los sensores laterales reciban señales continuas, ya que estos carriles son muy estrechos y hay mucha afluencia de vehículos.
  - 1.1. En este caso, debido a la repetitividad, solo se avisará al conductor con la señal luminosa, en caso de que haya una proximidad inferior o igual a 2 metros, en los sensores laterales y posteriores. Pero si los sensores detectan obstáculos a una distancia inferior o igual a 1 metro, se añadirá la señal audible (a no ser que el patinete ya se encuentre sin velocidad).
  - 1.2. En caso de que se detecte frontalmente, a una distancia inferior o igual a 10 metros (yendo a 30km/h, 8,33m/s, hay un tiempo de reacción de 1,2 segundos), se avisará mediante la señal luminosa y la audible, debido a la probabilidad de que exista choque frontal. Si el sensor detecta que el obstáculo está a 5 metros o

menos, se activará el nivel 3 de actuación, disminuyendo progresivamente la velocidad del patinete.

2. **Zonas peatonales:** en este caso, como la velocidad quedará restringida a 10km/h debido al anterior sistema y como habrá aún más repetitividad de detección de personas u obstáculos, se actuará de la misma forma que en el caso **1.1**, pero con la variante de que se aplicaría a los 4 sensores de ultrasonido.

De este modo este sistema permitirá controlar el entorno del vehículo y actuar de manera preventiva, avisando al conductor en los momentos especificados y de las maneras que he considerado más adecuadas.

### 3. Semáforo

#### **¿Por qué?**

No respetar las señales luminosas de los semáforos, es otro de los motivos principales que causan accidentes en las ciudades. Asistir al conductor para que cumpla con las normas de circulación y a la vez ponga en menos peligro su vida y la de los otros, es un motivo suficiente como para crear este sistema avanzado de asistencia a la conducción.



Imagen 27. Fuente: <https://pixabay.com/es/photos/el-tr%C3%A1fico-luces-ciudad-calle-1272251/>

#### **¿Como?**

Gracias a la tecnología Bluetooth podemos transmitir voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia. Incorporando un módulo Bluetooth en el patinete y otro en cada semáforo (aquellos que afecten a los VMP tipos A y B), se podría crear un sistema de aviso al conductor mediante los 3 niveles de actuación.

El semáforo solo enviará señales a los dispositivos que se encuentren a menos de 15 metros de éste. I de alguna manera el patinete solo debe tener en cuenta el semáforo al

cual se esté dirigiendo. La distancia del patinete al semáforo se medirá con la señal Bluetooth que se reciba.

De esta manera nos encontraremos dentro de tres posibles escenarios:

1. **Semáforo en verde:** Si el semáforo se encuentra en color verde, por ahora no he encontrado necesario enviar ninguna señal al patinete
2. **Semáforo en ámbar:** siempre se actuará mediante el nivel 1 (mensaje luminoso), sea cual sea la velocidad del patinete. Los niveles 2 y 3 se activarán en los siguientes casos.
  - 2.1. Se activará el **nivel 3** (frenado automático) siempre que vaya a una velocidad mayor a 25km/h y antes llegar a los 15 metros de cruce. Aun así si el conductor cree que debe acelerar, puede cancelar el frenado automático acelerando con el controlador del manillar.
  - 2.2. Se activará el **nivel 2** (sonido) siempre que se vaya a una velocidad superior a los 25km/h y el patinete se encuentre a menos de 10m del cruce.
3. **Semáforo en rojo:** siempre se actuará mediante el nivel 1 (mensaje luminoso), sea cual sea la velocidad del patinete. Los niveles 2 y 3 se activarán en los siguientes casos.
  - 3.1. Se aplicará el nivel 2 siempre y cuando el vehículo circule a más de 25km/h y se encuentre a menos de 10 metros.
  - 3.2. Se aplicará el nivel 3, hasta que la velocidad sea 0, a menos de 5 metros de distancia si la velocidad es superior a inicial 15km/h.

#### 4. Casco

##### **¿Por qué?**

Para qué sea de obligado uso llevar el casco para conducir el patinete.



Imagen 28. Fuente: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/sensores/>

### ¿Como?

Mediante la misma tecnología Bluetooth, se instalará un módulo Bluetooth en el casco y en otro en el patinete.

De esta manera existirá un botón en la parte interior del casco del conductor que al ser presionado, porqué el conductor se lo pone, se enviará una señal al patinete de que es seguro conducir. En tal caso se avisará mediante una imagen luminosa en la pantalla del patinete.

Si el conductor activa el patinete sin haber recibido la señal del casco se activará el nivel 1, avisando en el monitor de que no tiene el casco puesto. Si además arranca el vehículo, éste emitirá un sonido (nivel 2) para avisar al conductor de la peligrosidad que conlleva. El patinete no dejará de emitir el sonido hasta que reciba una señal positiva del casco o se desconecte el patinete.

### Conexión de los sensores

Para realizar la conexión de los sensores hacen falta un cerebro que procese y le de funcionalidad a cada sensor para que puedan convertirse en ADAS. El módulo que usaría para realizar los procesos sería un Arduino UNO, o MEGA según las necesidades. Arduino es un conjunto de hardware y software libre y fácil de usar.

Con una placa Arduino se puede montar los sensores que deseemos y programar un microcontrolador (incorporado en la placa) para que cada dispositivo conectado al Arduino realice una función determinada.



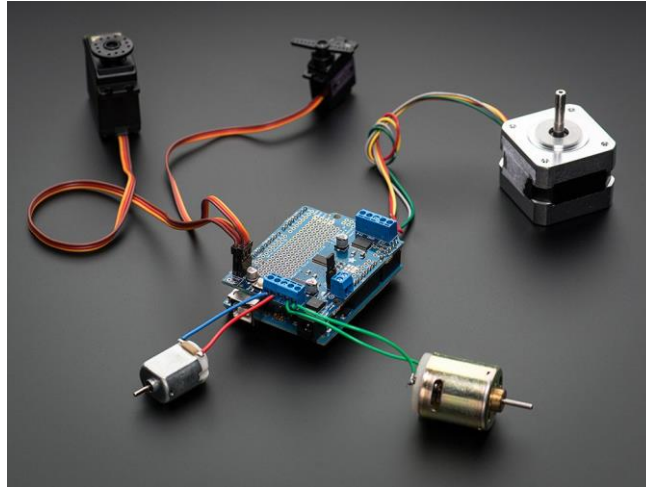


Imagen 29. Fuente: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/sensores/>

Las principales características que podemos encontrar una placa Arduino son las siguientes:

- El microcontrolador es un circuito integrado programable capaz de realizar operaciones matemáticas complejas a **gran velocidad**.
- La alimentación de una placa de Arduino es mediante el puerto USB mientras se está programando. Una vez programado podemos desconectarlo del ordenador y que trabaje de **forma autónoma** y se alimenta Arduino mediante una fuente de alimentación o pila de 9V.
- Tanto las **entradas** como las **salidas** dotan al sistema de información y realizan **diferentes actuaciones**.

#### d) CASTELLOLI SMART SCOOTER CHALLENGE

Este evento nace con el objetivo principal de motivar a escuelas de ingeniería y diseño a crear un patinete eléctrico inteligente y a la vez competir, mediante una serie de pruebas, con los demás participantes.

En esta competición se pone a prueba la capacidad que tiene el patinete eléctrico para, autónomamente, superar las siguientes pruebas:

1. Test de freno: a 20km/h debe frenar en su totalidad en 10 metros de distancia.
2. Test de lluvia: después de 2 minutos bajo lluvia con el motor en marcha, apagar el motor y volver a encenderlo y el patinete debe correr.
3. Seguimiento de línea: se debe seguir una línea marcada en el asfalto, a 20-30km/h, cuando el jurado lo pida se debe salir de la línea y el patinete debe frenar

autónomamente hasta los 10km/h.

4. Luz de STOP: en conducción el patinete debe reconocer la luz roja (semáforo) y detenerse 5 metros antes de llegar a la línea de cruce.
5. STOP peatonal: el patinete debe detectar unos conos y frenarse 5 metros antes de llegar a ellos, conduciendo a 30km/h.
6. Slow motion: la velocidad debe reducirse de 30km/h a 5km/h antes de llegar a los conos y manteniendo los 5km/h conduciendo entre ellos.
7. Aceleración: contrarreloj en una pista de 50m. El más rápido gana.

La organización del evento en Castellolí es administrado por la asociación Smartmoto Challenge, una organización que nació en 2012 para desarrollar el concepto de “*learning by doing*” en el ámbito de la ingeniería (<http://smartmotochallenge.org/castelloli-smart-scooter-challenge.html>)



Imagen 30. Fuente: <http://smartmotochallenge.org/castelloli-smart-scooter-challenge.html>

## 4. CAR RUN V3.0

### a) Introducción

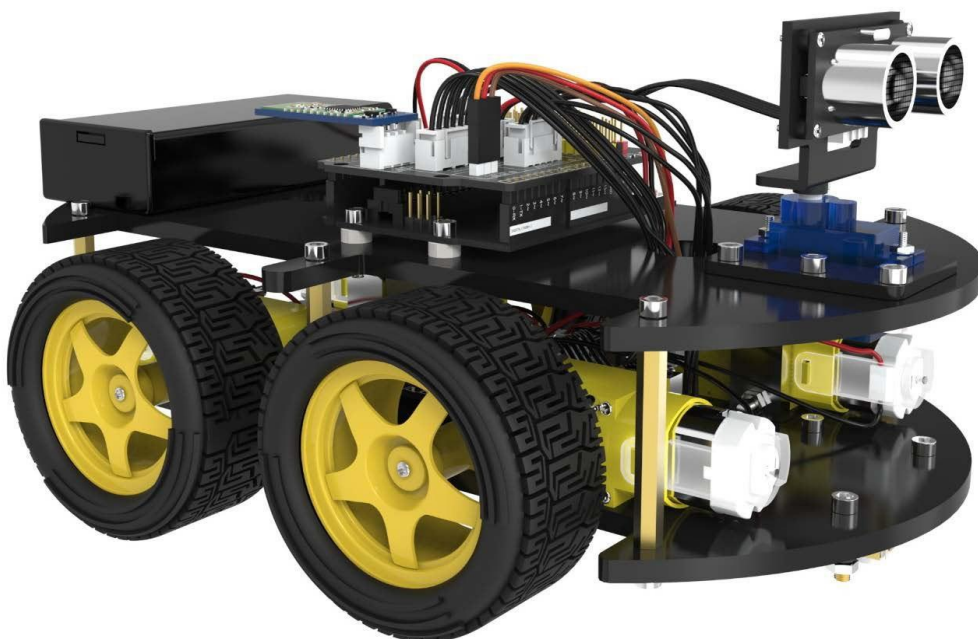
Este robot, de la marca ELEGOO, es un vehículo extremadamente flexible. Diseñado especialmente para la educación y el entretenimiento. Versátil y sencillo, con el que podemos implementar múltiples funciones, gracias a su estructura y componentes.

Acto seguido quiero demostrar que con este robot de bajas prestaciones se puede crear un vehículo autónomo que cumpla con las funcionalidades que queremos que realice nuestro patinete eléctrico urbano. El procedimiento de diseño de estos ADAS seguirán el mismo que el especificado en el apartado de implementación de ADAS en el patinete eléctrico.

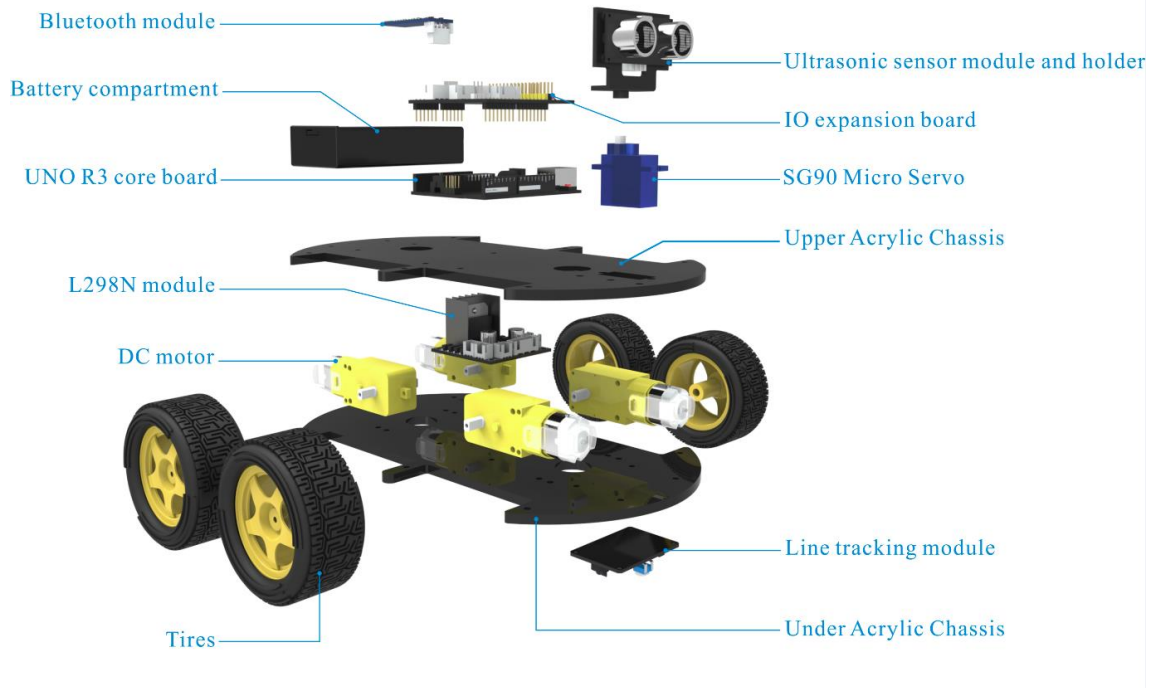
Aunque la estructura y funcionamiento del robot no sea exactamente la de un patinete eléctrico, la implementación y comprobación de los ADAS se pueden aplicar perfectamente, ya que el robot simula la parte automática del patinete eléctrico en la que no afectan ni conductor ni cantidad de ruedas del vehículo.

*Todas las imágenes que aparecen en este apartado han sido extraídas de los manuales del CAR RUN que ELEGOO pone a disposición.*

### b) Estructura y funcionamiento



Este pequeño vehículo consta de dos placas de acrílico (polimetilmetacrilato) que constituyen el chasis del vehículo, con una serie de agujeros para facilitar el ensamblaje. Este plástico es un excelente aislante térmico, con una dureza similar a la del aluminio (por lo que es fácilmente rayable) y con una alta resistencia. Estas dos placas conforman la base y estructura del robot. Adherido a las placas tenemos:



#### Ruedas de goma + motores:

Se ocupan de mover el vehículo. Gracias a la transmisión de fuerzas a las ruedas de goma, éstas crean una elevada fuerza de fricción con el suelo que provoca el movimiento del vehículo.

#### Soporte de la batería con un interruptor:

Su función es proveer la fuente de alimentación para el vehículo. Cuenta con 2 pilas recargables de Li-ion, muy parecidas a las tipo AA, pero con casi 3 veces más voltaje de salida (V) y Capacidad (mAh). Las dimensiones de esta pila están cifrados en su nombre – 18650. Los dos primeros números (18) indican su diámetro – 18 mm, mientras que el número 650 nos dice que su longitud es 65 mm. Cabe notar, que 65 mm es la longitud neta, longitud total de batería con protección asciende a 66,5 mm.

Las ventajas principales de estas baterías son el nivel bajo de autodescarga, no exigen mucho mantenimiento y tienen larga vida útil – de 500 a 1000 ciclos.

No obstante, este tipo de baterías también tiene sus desventajas. Son muy sensibles y con frecuencia se dañan en el caso de sobrecarga o recalentamiento

### Placa Arduino UNO R3:

Es el cerebro del coche, controla todas las partes gracias a una programación previa de todas las funciones de cada parte.

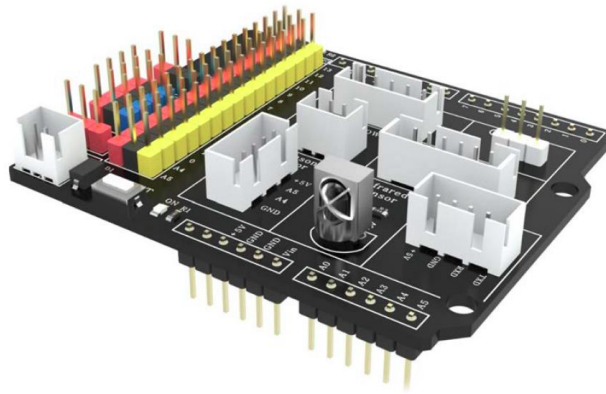


Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación (que irá conectado a la batería), una cabecera ICSP y un botón de reseteo.

La placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador haga su trabajo, basta conectarla a un ordenador con un cable USB y transmitir la información necesaria con todas las funciones e instrucciones que queremos que realice el robot.

### Placa de extensión Arduino

Combinada con la UNO, hacen que la conexión sea más fácil. En esta placa de extensión irán conectados todos los sensores y módulos restantes. Además, para facilitar el montaje, la placa cuenta con unos ganchos de conexión que aseguran la conexión.



### Sensor de Ultrasonido:

Medida de la distancia y evita los obstáculos.

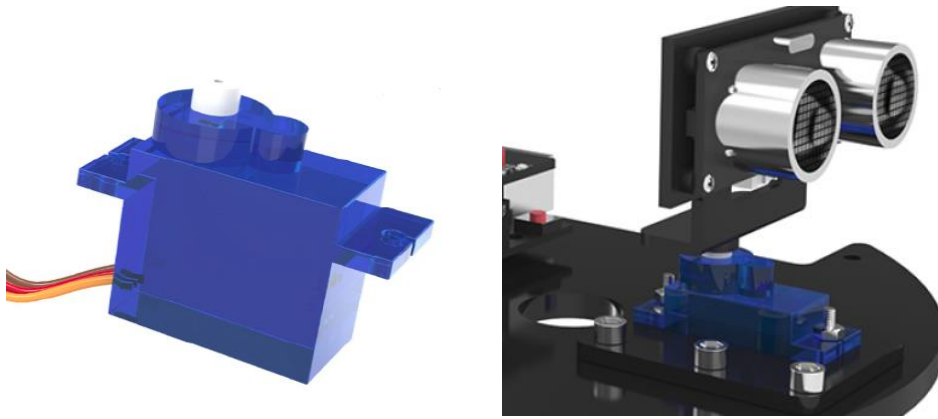


El sensor de ultrasonido es un detector de proximidad que trabaja libre de roces mecánicos y que detecta objetos a distancias que van desde pocos centímetros hasta varios metros.

El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas, las cuales son procesadas y valoradas. Estos sensores trabajan solamente donde tenemos presencia de aire (no pueden trabajar en el vacío, necesitan medio de propagación), y pueden detectar objetos con diferentes formas, diferentes colores, superficies y de diferentes materiales. Los materiales pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos, sin embargo han de ser reflectores de sonido.

### Motor Micro Servo SG90:

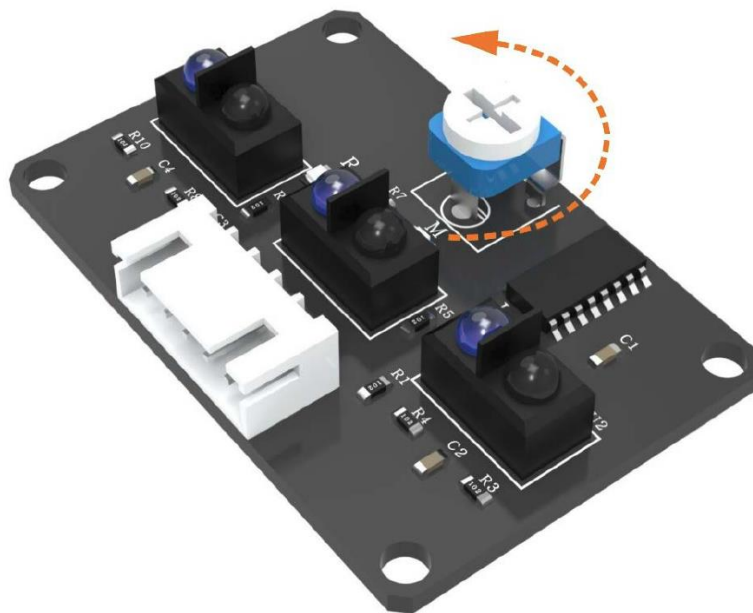
Permite que el sensor de ultrasonido gire 180 grados.



Este es uno de los servomotores más versátiles que se pueden encontrar hoy en día, con un uso muy elevado en proyectos de robótica. Aun siendo muy pequeño cuenta con un momento de fuerza de 1,8 kg/cm y una velocidad de 0,1s/60 grados (sin peso).

#### Módulo de seguimiento de línea:

3 sensor infrarrojos para el reconocimiento de los carriles blancos y negros.



Los sensores infrarrojos son unos componentes electrónicos compuestos normalmente de un LED infrarrojo y un fototransistor colocado uno al lado del otro, de forma que el LED actúa como emisor y el fototransistor como receptor. El LED infrarrojo emite luz infrarroja, o sea, de una longitud de onda que para nosotros es invisible. Si esta luz choca contra una superficie blanca se reflejará y llegará al fototransistor, lo que en el microprocesador se entenderá como un valor HIGH. Si por el contrario golpea en una superficie negra, el material absorberá la mayoría de la luz y no llegará al fototransistor (LOW). Cuenta, también, con un potenciómetro que determina la sensibilidad de los foto

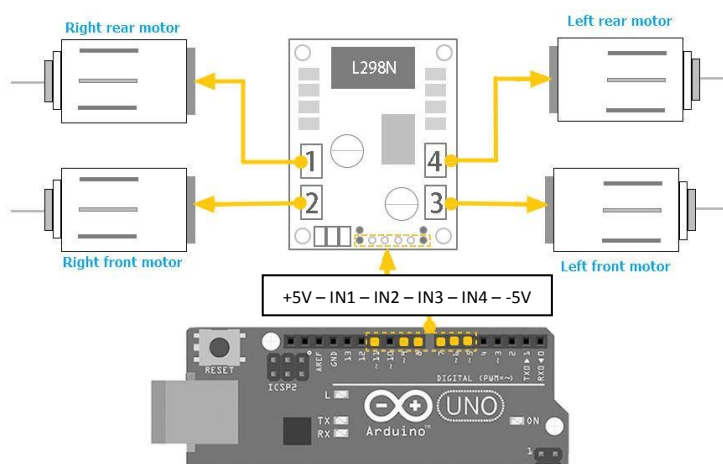


receptores. Para ajustar la sensibilidad, basta con hacer girar la pieza que blanca que modifica el valor de la resistencia del potenciómetro.

### Placa de conducción del motor L298N:

Acciona el motor para darle movimiento.

Este controlador nos permitirá suministrar la potencia necesaria a los motores y los controlaremos utilizando nuestro Arduino. El L298N puede trabajar con tensiones hasta 35V y una intensidad de hasta 2A por canal, con lo que puede manejar hasta 4A en total y unos 25W.

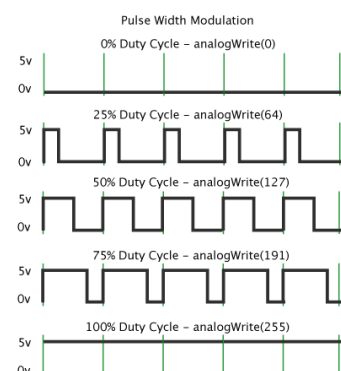


ENA y ENB controlan la velocidad de los motores izquierdo y derecho por separado por PWM.

La señal PWM se utiliza como técnica para controlar circuitos analógicos. El periodo y el ciclo de trabajo (*duty cycle*) del tren de pulsos pueden determinar la tensión entregada a dicho circuito. Si, por ejemplo, tenemos un voltaje de 5v y lo modulamos con un *duty cycle* del 10%, obtenemos 0.5V de señal analógica de salida.

En nuestro caso modificando la entrada analógica (`analogWrite()`), con un valor entre 0 y 255, controlaremos el *duty cycle* y por lo tanto el voltaje de salida para nuestros motores.

IN1, IN2, IN3, IN4: IN1 y IN2 se usan para controlar el sentido del motor izquierdo, IN3





y IN4 se usan para el sentido del motor derecho. Para entender este principio observemos la tabla: (como ejemplo el motor izquierdo)

<b>ENA</b>	<b>IN1</b>	<b>IN2</b>	<b>ESTADO MOTOR DC</b>
0	X	X	<b>PARAR</b>
1	0	0	<b>FRENAR</b>
1	1	0	<b>ADELANTE</b>
1	0	1	<b>ATRÁS</b>
1	1	1	<b>PITIDO</b>

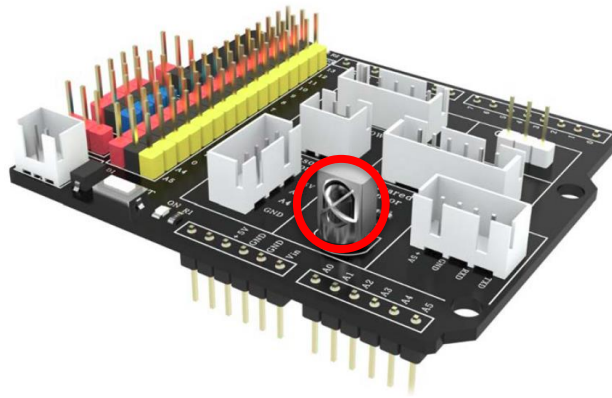
De esta manera para realizar los movimientos del coche lo programaremos de la siguiente manera (la que viene recomendada por el fabricante):

<b>COCHE</b>	<b>Adelante</b>	<b>Atrás</b>	<b>Parar</b>
<b>Ruedas izquierda</b>	Adelante	Atrás	Parar
<b>Ruedas derecha (ENB)</b>	Adelante	Atrás	Parar

<b>COCHE</b>	<b>Giro izquierda</b>	<b>Giro derecha</b>
<b>Ruedas izquierda (ENA)</b>	Atrás	Adelante
<b>Ruedas derecha (ENB)</b>	Adelante	Atrás

Receptor infrarrojo y mando a distancia IR:

Proporcionan la función teledirigida infrarroja.



Se encuentra integrado en la placa de extensión del Arduino UNO. El funcionamiento de este módulo consta de dos partes: envío y recepción.

Del envío se encarga un mando a distancia IR, mientras que la parte receptora consta de un tubo receptor.

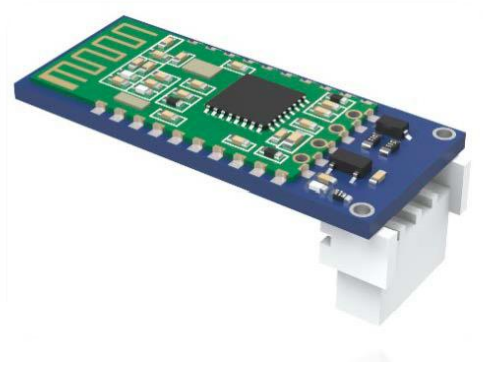
Las señales enviadas por el control remoto IR son una serie de códigos de impulsos binarios, pero estas señales son enviadas en forma de luz infrarroja mediante un fototransistor, para no interferir con otras señales que puedan estar presentes en el ambiente. El tubo receptor transforma estas señales luminosas que se envían desde el diodo emisor de luz infrarrojo a señales eléctricas débiles. Posteriormente mediante el protocolo NEC, protocolo de codificación de señales infrarrojas, se procesan las señales para darle uso.



Las pruebas y funciones realizadas para controlar el robot se han realizado mediante Bluetooth por lo que no se ha usado el módulo IR.

#### Módulo Bluetooth:

Encargado de proporcionar la función de control de Bluetooth.



Este módulo Bluetooth HC-08 recibe las señales que se emitirán desde una App móvil, descargable tanto para iOS como Android.

El funcionamiento es muy sencillo: Por un lado en la App se crean pulsadores que representen una función, y a cada botón le corresponde un carácter, por ejemplo: Al botón FORWARD, el carácter 'f', al STOP, 's' (como vemos en la imagen). Es indiferente el tipo de carácter, eso sí, no hay que repetir.

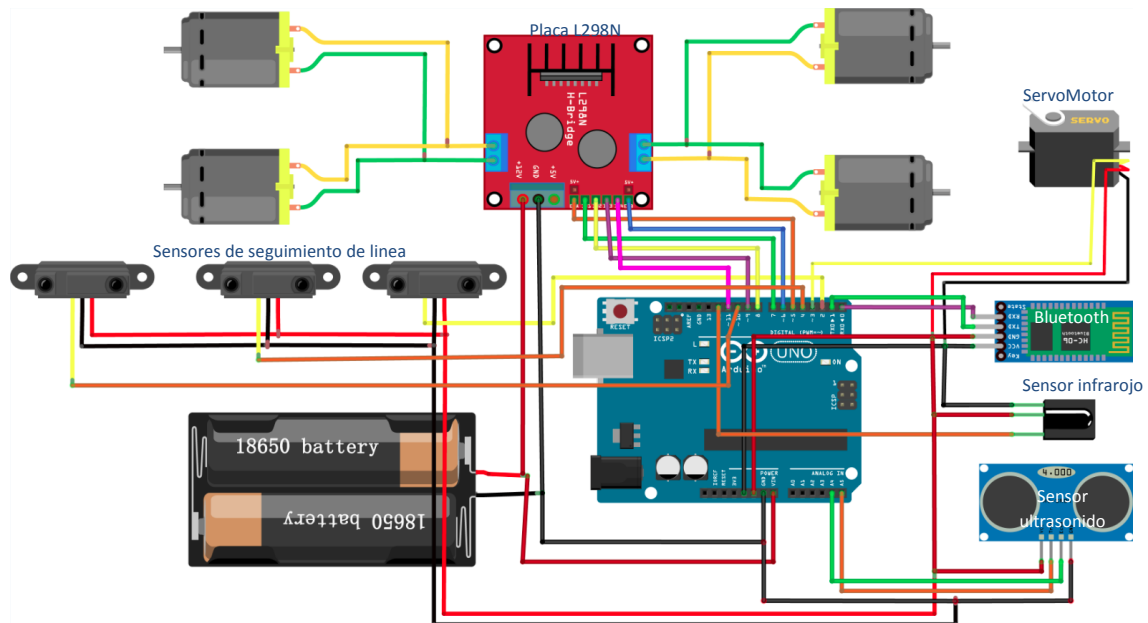


La App, vía Bluetooth, se empareja con el módulo Bluetooth HC-08, y posteriormente envía el carácter del botón que se pulse. El módulo Bluetooth recibe el carácter y lo envía a procesar al microprocesador del Arduino. Dependiendo del carácter enviado realizará una función u otra. Esto lo determinaremos en el código que se integrará en el microprocesador Arduino UNO, que veremos más adelante.

Para ensamblar el vehículo, el kit cuenta con un manual completo y detallado para montar y conectar todas sus partes. Además añadía un manual introductorio para hacer funcionar los diferentes sensores mediante la placa Arduino.

En esta fotografía vemos como se conectan los diferentes sensores, módulos y motores a

la placa Arduino UNO:



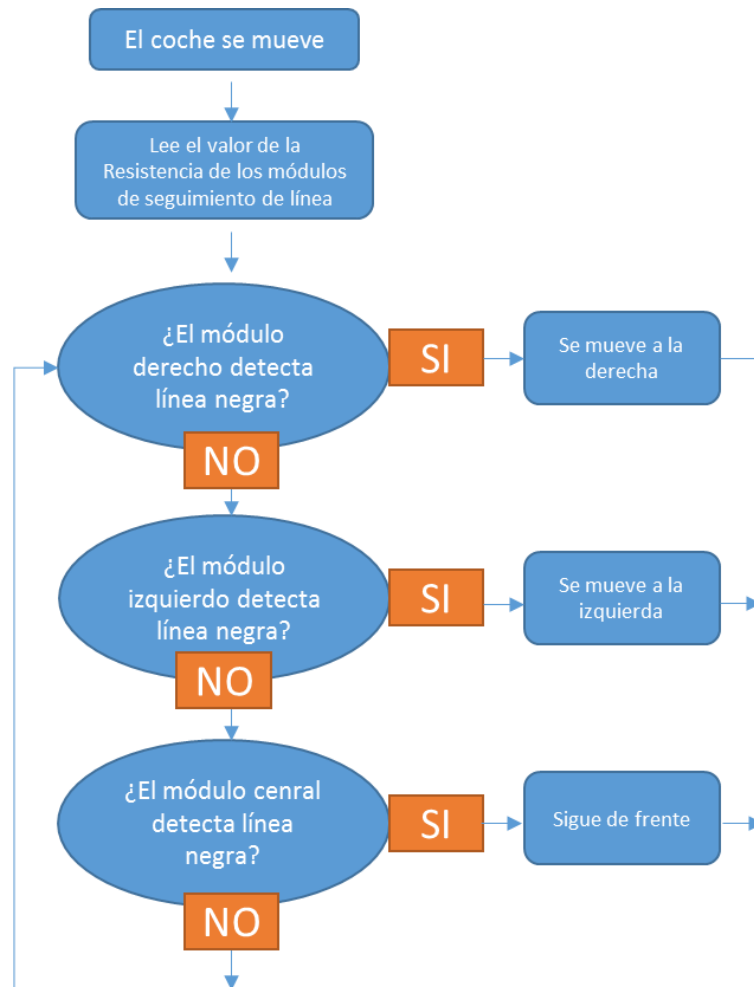
### c) Funcionalidades

Las siguientes funcionalidades han sido modificadas y creadas con el objetivo de imitar el comportamiento que debería automatizarse en un patinete eléctrico dentro de la ciudad. Es decir, simular las habilidades autónomas propuestas en el apartado de creación de ADAS para el patinete eléctrico urbano. De este modo, he implementado funciones como el seguimiento de línea, simulando la conducción del patinete por el carril urbano, donde a la vez puede detectar obstáculos y señales de semáforo para desacelerar si es debido.

Por otro lado mediante la aplicación Bluetooth he añadido la función de cambio de velocidad y de dirección de detección del sensor de ultrasonidos, para detectar obstáculos en otras direcciones.

#### Seguiment linia negra

Mediante los sensores de seguimiento de línea podremos saber si el Car Run se encuentra siguiendo o no una línea negra. El proceso es el siguiente:



De esta manera si se detecta que la línea negra se encuentra debajo de una de los sensores laterales, el mismo Car Run corregirá la dirección hasta que el sensor central detecte la línea negra otra vez.

### Detección de obstáculos

Mediante el sensor de ultrasonido se envían 8 ondas cuadradas de 40kHz automáticamente y si hay señales recibidas, el módulo emitirá un impulso de alto nivel, cuyo tiempo de duración entre el envío y la recepción, determinará la distancia a la que se encuentra el objeto.

$$\text{Distancia} = (\text{Tiempo recepción} * \text{Velocidad del sonido } (340\text{m/s})/2)$$

Dividimos entre 2 ya que el tiempo de reacción cuenta el tiempo que tarda en recorrer la distancia 2 veces.

La distancia a la que se encuentre el obstáculo indicará a qué velocidad deberá circular el Car Run. A menor distancia menor velocidad de circulación. De esta manera la distancia

es menor a 25 pero mayor a 15, la tensión aplicada a los motores será de 4V, si es inferior a 15cm pero superior a 10cm la tensión aplicada será de 3,5V, y si la distancia es menor a 10cm la tensión se reducirá progresivamente hasta los 0V.

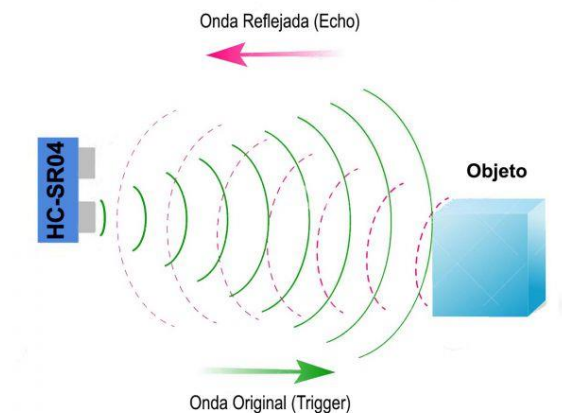


Imagen 31. Fuente: <https://www.zonamaker.com/arduino/modulos-sensores-y-shields/ultrasonido-hc-sr04>

### Semáforo

Mediante la aplicación móvil comentada anteriormente podremos enviar una señal Bluetooth al módulo Bluetooth conectado al Arduino.

Consiste de 3 botones diferentes:

1. Verde: El Car Run al recibir la señal de semáforo verde permite que éste avance sin problema a la velocidad escogida.
2. Ámbar: El Car Run empezará a bajar la velocidad hasta que se pare. La velocidad disminuirá un pulso por cada 40 milisegundos, hasta llegar a los 0v de tensión.
3. Rojo: El Car Run empezará a bajar la velocidad hasta que se pare. La velocidad disminuirá un pulso por cada 20 milisegundos, hasta llegar a los 0v de tensión.

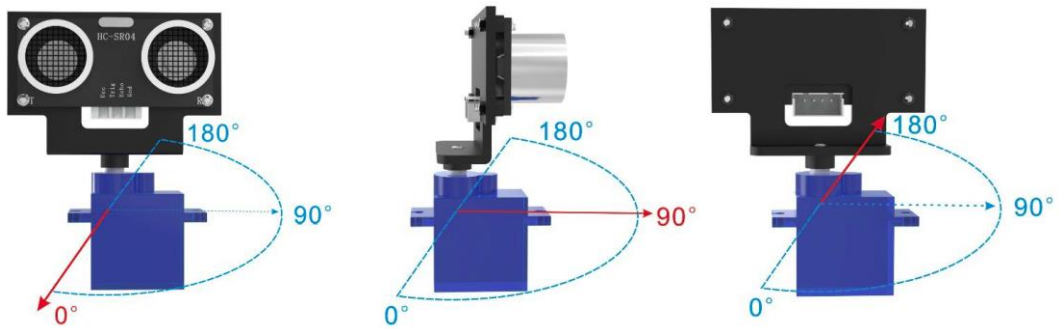
### Marchas

Durante la conducción, el usuario podrá escoger, mediante la aplicación Bluetooth, entre tres velocidades: M1, M2, M3, que corresponden a 150, 200, 255 pulsos (3V, 4V, 5V de voltaje de salida para nuestros motores).

### Gir servo

Durante la conducción el usuario podrá determinar la posición del sensor de ultrasonido, mediante la aplicación Bluetooth, modificando el giro del servo-motor.

De este modo, se pueden escoger estas tres posiciones:



De esta manera podremos determinar, mediante la función de detección de obstáculos, si hay obstáculos en cada una de estas tres direcciones.

En el ANEXO se puede ver todo el código de programación del CAR RUN, y el día de la presentación del trabajo se podrá ver una demostración del funcionamiento.

## 5. GANTT

Teniendo en cuenta las actividades realizadas para el trabajo, he creído conveniente separarlas por etapas. La primera etapa engloba aquellas actividades de búsqueda de información y conocimiento de áreas desconocidas hasta el momento. Por otro lado la segunda etapa se refiere a las actividades más prácticas, en las que he dedicado más tiempo ya que requerían más esfuerzo en redactar y organizar todas las partes así como en hacer pruebas en la parte del CAR RUN. Finalmente la tercera etapa ha sido la más rápida, puesto que solo faltaba revisar el trabajo, junto con mi tutor, y darle un último toque.

A continuación se especifican, mediante un diagrama de Gantt, los tiempos de cada actividad:

ETAPAS	ACTIVIDAD	Inicio	Final	15/02/2019	20/02/2019	25/02/2019	02/03/2019	07/03/2019	12/03/2019	17/03/2019	22/03/2019	27/03/2019	01/04/2019	06/04/2019	11/04/2019	16/04/2019	21/04/2019	26/04/2019	01/05/2019	06/05/2019	11/05/2019	16/05/2019	19/05/2019
1	Busqueda información patinete eléctrico	15/02/2019	25/02/2019																				
	Busqueda información ADAS	25/02/2019	07/03/2019																				
	Construcción y estudio del funcionamiento CARKIT	07/03/2019	12/03/2019																				
2	Implementación funciones CARKIT	17/03/2019	11/04/2019																				
	Unión de toda la información e inicio del informe	16/04/2019	11/05/2019																				
3	Correcciones y finalización del informe	16/05/2019	19/05/2019																				

Gracias al diagrama de Gantt he podido hacer una estimación de las horas dedicadas en el trabajo para posteriormente reflejarlas en el presupuesto del trabajo. Con todo esto, he estimado un total de 110h dedicadas entre todas las actividades.



## 6. PRESUPUESTO

### a) Presupuesto del trabajo

En caso de que tuviera que vender mi trabajo, o me lo hubieran encargado, este sería el presupuesto que enviaría:

PARTES	ACTIVIDAD	HORAS DEDICADAS	PRECIO	TOTAL
INFORME	Preparación total	70h	10€/h	700 €
CAR RUN	Compra vehículo	-	70 €	70 €
	Puesta a punto	40h	15€/h	600 €
IMPRESIÓN	-	-	40 €	40 €
TOTAL				1.410 €

### b) Presupuesto del prototipo

Si pidieran además un prototipo para testar el vehículo, este presupuesto es una aproximación, teniendo en cuenta la experiencia adquirida durante el trabajo, al coste del prototipo del patinete eléctrico con la implementación de los ADAS propuestos en este trabajo.

PARTES	PARTES	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
MATERIAL	Patinete eléctrico gama B1	1	450 €/u	450 €
	Sensor de ultrasonido	4	4 €/u	16 €
	Placa Arduino MEGA	1	34 €/u	34 €
	Pulsador	1	1 €/u	1 €
	Cámara	1	40 €/u	40 €
	Módulo sonido	1	2 €/u	2 €
	Bluetooth	1	9 €/u	9 €
Mano de obra	Montaje software y hardware	100	12 €/h	1.200 €
TOTAL				1.752 €

**El total del coste del proyecto para un cliente sería de  $(1.410 + 1.752) \cdot 1,15 + \text{IVA}$ .**

## 7. IMPACTO AMBIENTAL

Independientemente de la regulación aplicada en ciudades como Barcelona o Madrid, de lo que no hay duda es que los patinetes eléctricos ayudan a reducir el tráfico y la contaminación, siendo cada vez más las personas que se han concienciado con la protección del medio ambiente.

La realidad es que mientras se usa un patinete eléctrico no se emiten gases contaminantes pero durante su fabricación e incluso durante su vida útil, se emplea energía, y esta energía ha podido obtenerse a costa de emisiones de CO<sub>2</sub>. Es al finalizar su vida útil, que la desechamos y la ‘tiramos a la basura’, cuando se produce casi el total de contaminación de este producto

¿Pero cuánto contaminan? Un estudio de la *Universidad Politécnica de Madrid* revela que la bicicleta eléctrica o patinete eléctrico emite unos 300 kg de CO<sub>2</sub> durante todo su trayectoria de vida, recorriendo una media de veinte mil kilómetros.

El objetivo es conseguir un reciclaje ordenado de los distintos componentes de estos vehículos, con la reutilización de algunos componentes de las baterías; el reciclado de metales como aluminio y acero y de los plásticos. Además de las baterías, un vehículo de este tipo también incluye otros residuos como aluminio, plástico o gomas.

Para poder cumplir con un ciclo de vida sostenible, de los diferentes componentes del patinete, en la compra del vehículo se incluye un manual de instrucciones con un apartado sobre "Vida útil y reciclaje del producto" donde se especifica que el producto debe reciclarse al final de su vida útil devolviendo el producto a su lugar de compra o a su fabricante, indicando la dirección de entrega. Si se cumplen con las recomendaciones sobre el reciclaje de estas piezas se podrán reducir aún más las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Aun así, el uso del patinete eléctrico u otro tipo de transporte que no emita gases contaminantes, ya provoca un cambio a favor de la no contaminación del planeta, por lo que todos deberíamos tenerlo en cuenta la próxima vez que queramos movernos por la ciudad.

## 8. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo fue desde un inicio desarrollar la idea de automatización de un patinete eléctrico. A base de buscar información sobre el funcionamiento, su situación en la actualidad y en la ciudad, creé la base del trabajo, sobre la que posteriormente había que añadir las necesidades y soluciones a implementar para hacer del patinete eléctrico un VMP más seguro.

Ahora que está terminado puedo decir que no solo he podido desarrollar la idea sino que la he podido implementar a baja escala mediante una placa Arduino, 4 motores, 3 sensores, y pocas piezas más.

Así que sin ir más lejos, a continuación comentaré las conclusiones:

Los diseños de los sistemas de asistencia al conductor del patinete eléctrico, han sido ideados para poder a minimizar el error humano, pero siempre teniendo en cuenta la importancia de éste, ya que un patinete eléctrico, hoy por hoy no se puede autonomizar al 100%, debido al desequilibrio, y con ello peligro, que podría traer.

Por lo que en una primera fase se ha optado por sistemas más directos para ayudar al conductor a prevenir situaciones peligrosas. Pero en un futuro seguro que habría algunos detalles que serían modificados debido al testeo de estos sistemas o a causa de nuevas tecnologías de asistencia a la conducción.

Por otro lado realizar la práctica y experimentar con un Arduino, sensores y motores ha sido muy positivo en muchos sentidos. Para empezar me ha servido de puente para idear el diseño de los ADAS que quería aplicar al patinete, con éste he podido experimentar gracias a las múltiples opciones que te ofrece Arduino. Además esta experimentación me ha despertado una motivación para aprender más sobre la programación aplicada a cosas prácticas, la automatización y la inteligencia artificial.

Como punto final, este trabajo me ha ayudado a concienciarme más sobre la importancia de invertir en tecnología e industrias que miren hacia un planeta más sostenible, y no solo hablo de crear patinetes no contaminantes en el uso, sino también en tecnología que los reutilice y fabrique de forma sostenible. El entorno en el que vivimos y viviremos debe respetar el planeta, y la eclosión de los VMP son un claro ejemplo de esta concienciación, por lo que las industrias que no lo respetan, o cambian o las cambiarán.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- <https://www.depatinetes.com/patinete-electrico/bateria-cargadores-patinetes-electricos/>
- <https://www.xataka.com/espaciovolkswagen/asi-percibe-la-carretera-y-sus-senales-un-coche-autonomo>
- <https://www.xataka.com/automovil/de-0-a-5-cuales-son-los-diferentes-niveles-de-conduccion-autonoma>
- <https://www.prometec.net/sensor-infrarrojo-siguelineas/>
- <https://www.coches.net/noticias/sistemas-de-asistencia-a-la-conduccion>
- <https://www.lavanguardia.com/motor/actualidad/20190204/46207167042/fallecidos-accidentes-patinete-electrico-aumentaran-2019-estudio-fundacion-linea-directa.html>
- <https://www.elperiodico.com/es/barcelona/20180713/normativa-barcelona-patinete-electrico-hoverboard-6941110>
- <https://www.km77.com/reportajes/varios/conduccion-autonoma-niveles>
- [https://www.sae.org/standards/content/j3016\\_201609/](https://www.sae.org/standards/content/j3016_201609/)
- <https://innovadores.larazon.es/es/not/Tichelman-intel-el-coche-autonomo-es-un-data-center-sobre-ruedas>
- <http://www.eldeladahon.com.es/producto/laser-carril-bici-virtual/>
- <https://www.colegiolamagdalena.com/archives/contaminan-las-bicicletas-y-patinetes-electricos/>
- [https://www.eldiario.es/consumoclaro/ahorrar\\_mejor/Patinetes-bicicletas-electricas-reciclarse-baterias\\_0\\_858114584.html](https://www.eldiario.es/consumoclaro/ahorrar_mejor/Patinetes-bicicletas-electricas-reciclarse-baterias_0_858114584.html)
- <https://noticias.eltiempo.es/patinete-electrico-una-alternativa-real-contrala-contaminacion-en-ciudad/>
- <https://digitalsevilla.com/2018/01/12/patinete-electrico-alternativa-mas-ecologica-al-transporte-tradicional/>
- [https://www.eldiario.es/ballenablanca/365\\_dias/emisiones-emitidas-patinetes-electricos-Lime\\_0\\_835016654.html](https://www.eldiario.es/ballenablanca/365_dias/emisiones-emitidas-patinetes-electricos-Lime_0_835016654.html)
- <https://patineteelectrico.shop/noticias/clasificacion-tipos-patinetes-electricos/>
- <https://www.lavanguardia.com/motor/actualidad/20190204/46207167042/fallecidos-accidentes-patinete-electrico-aumentaran-2019-estudio-fundacion-linea-directa.html>
- <https://www.xataka.com/vehiculos/preocupacion-ruedas-273-accidentes-patinetes-electricos-espana-2018-mayoria-provocados-patinadores>

- <https://www.publico.es/sociedad/patinetes-electricos-hay-regulan-patinetes-electricos-principales-ciudades.html>
- <https://www.lasprovincias.es/valencia-ciudad/velocidad-patinetes-electricos-valencia-20181129102402-nt.html>
- <https://www.elegoo.com/>
- [CSSC RULES 2019.pdf](#)